

ユビキタスマーケットプラットフォームにおける 店舗内外連携による顧客案内動作の実現

亀井 剛次^{†1} 池田 徹志^{†1} 塩見 昌裕^{†1}
城所 宏行^{†2} 内海 章^{†1} 篠沢 一彦^{†1}
宮下 敬宏^{†1} 萩田 紀博^{†1}

商業施設の店舗内に設置するセンサ群により、顧客の位置や行動、視線の動き、商品の位置など、購買行動に繋がるデータを計測・蓄積・解析し、ネットワークロボットによる顧客への情報提供を可能にするユビキタスマーケットプラットフォームの研究を進めている。本報告では、顧客が商業施設の店舗外で案内を行なうロボットと接触した後に、店舗内で案内を行なうロボットと接触するシナリオを想定し、店舗内外のロボットが連携した顧客案内動作を実現するためのプラットフォームの構成と、実験用店舗で行なった実証実験について報告する。

Cooperative Customer Navigation between Robots outside and inside of a Retail Shop: an Implementation on the Ubiquitous Market Platform

KOJI KAMEI,^{†1} TETSUSHI IKEDA,^{†1} MASAHIRO SHIOMI,^{†1}
HIROYUKI KIDOKORO,^{†2} AKIRA UTSUMI,^{†1}
KAZUHIKO SHINOZAWA,^{†1} TAKAHIRO MIYASHITA^{†1}
and NORIHIRO HAGITA^{†1}

We have been developing a network robot system named “Ubiquitous Market Platform.” With the proposed platform, shopping malls are equipped with various kinds of sensors to understand the purchasing behaviors of customers from observation of customers’ trajectories, eye movements and positions of items, etc. This paper reports the realization of the ubiquitous market platform and an experiment concerning customer navigation method cooperatively executed by robots located both outside and inside of a shop.

1. はじめに

一般生活者を対象とした次世代の情報提供サービスとして、サービス提供対象に適した「あなただけ」「ここだけ」の情報提供が近年注目されている。しかし、個人に適した「あなただけ」のサービス提供を実施するためには、個人に関する情報を収集する必要があり、また、場所に適した「ここだけ」のサービス提供を実施するためには、場所に関する情報を収集する必要がある。

前者に関しては利用者による個人情報登録に基づくサービス提供システムが考えられるが、登録を前提にしたシステムは普及の障壁が高く、逆に自動的に個人情報を収集するシステムだと、登録せずにサービスを受けられる反面、プライバシー保護の観点から危険なシステムになりうる。そのため、利用の簡便さ、利用者が得られるメリット、プライバシーの保護、これらのバランスがとれたシステムを構築する必要がある。特に、生活空間の一例である複合商業施設などにおいては、個人の特定が不可能な位置情報のみを計測することでプライバシーの保護を実現しながら、そこから得られる行動の特徴から個人やグループの特徴を抽出し、それぞれに適したサービスや情報を提供する技術が必要となる。

ユビキタスコンピューティング技術の進展により、環境中に配置されたセンサネットワークにより利用者の活動状況や環境の使われ方を把握し、利用者の状況に応じたサービスを提供する環境知能が実現されつつある。環境知能にロボット技術が融合したネットワークロボットシステム (NRS) の研究も、実証段階に進展しつつある¹⁾。NRS 技術においては、環境中に存在する様々な種類のロボットが、人々の活動を支援する。ここでは、ロボットは環境から独立して動作するのではなく、環境に統合された一部分として、環境全体と協調して動作することが期待される。

ユビキタスマーケットプラットフォームは、複合商業施設を題材とした NRS の一例であり、商業施設の店舗内外に設置するセンサ群により、顧客の位置や行動、視線の動き、商品の取得状況など、購買行動に繋がるデータを計測・蓄積・解析し、ネットワークロボットによる顧客への情報提供を可能にするプラットフォームである。

^{†1} ATR 知能ロボティクス研究所
ATR Intelligent Robotics Laboratories

^{†2} 大阪大学大学院 情報科学研究科
Graduate school of Information Science and Technology, Osaka University

これまでに、複合商業施設などの店舗外の広い通路を対象として、複数のレーザ距離センサを配して人の位置情報を取得し、個人やグループでの行動軌跡を取得する技術が実現されている²⁾。また、店舗内において、顧客の移動経路や既に手にしている商品、注目した商品に基づいて、店舗内の商品陳列棚上に配置された小型のコミュニケーションロボットが商品の推薦を行なうシステムについて実証実験を進めてきた³⁾。本報告では、商業施設において、顧客と店舗外で案内を行なうロボットとの間および顧客と店舗内で案内を行なうロボットとの間で複数回の接触が生じる場面を想定し、店舗内外のロボットが連携して行なう顧客案内のシナリオを実現するためのプラットフォームの構築と、店舗外で取得した情報に基づいて店舗内のロボットが情報提供を行なった実証実験について報告する。

以下2節では、本報告が対象とする複合商業施設における顧客案内を目的とした研究について概観し、3節では、ユビキタスマーケットプラットフォームを構成する情報提示デバイスとしてのロボットと、顧客情報センシングシステムについて説明する。4節にて本報告で想定する店舗内外でのロボットの連携による顧客案内のシナリオと、実証実験の結果について述べ、5節でまとめる。

2. 商業施設環境における顧客行動支援

2.1 店舗環境における顧客行動情報の取得

商業施設の主たる機能は商品の販売／購入であり、マーケティングおよびマーチャндаイジングの分野において多くの知見が蓄積されている。Underhill⁴⁾は、ショッピングの現場である小売店において、商品がどのように陳列されるべきか、商品の情報はどのように提示されるべきか、顧客の動線をどのように誘導すべきかについての知見を示しているが、そのためには、購買後の情報であるPOSデータの分析だけでなく、購入に至るまでの店舗内での顧客の行動を解析することの必要性を説いている。

立岡ら⁵⁾は、ロードサイドの中規模小売店の店舗内での顧客行動を観察し、同時に来店した顧客の構成や、店舗内で顧客が棚を通過する回数および商品を手に取る回数と、購買行動との関連をペイジアンネットワークを用いて分析している。このような分析に必要な情報は、センサネットワークを用いて取得することも可能である。今村らのSmart Sphere System⁶⁾では、天井から店舗全体を撮影するカメラを用いて顧客の位置情報を取得するとともに、棚に設置したRF-IDリーダを用いて顧客を特定し、また棚での手の動きを撮影するカメラを用いて顧客と商品との接触状況を取得している。消費者の行動パターンを「注目型」「比較型」に分類することに着目し、消費者が興味を持った商品に対する「See」「Touch」

「Take」という3つの行動から、消費者の行動パターンを推定している。

商業施設の店舗における顧客に対する情報提示は、必然的に商品の広告という側面があり、いつ、誰に、どのような情報を提示すべきかという問題がある。井上ら⁷⁾は、閲覧者の属性として複数人の関係性に着目した広告システムを提案している。これは商品の広告が、複数人の関係性をターゲットとしたマーケティング手法に基づいて行なわれていることに着目したものである。前述の⁵⁾においても、同様の観点から来店した顧客のグループの構成を分析要素として用いている。レーザ距離センサを用いた行動軌跡の分析においても、グループの属性の取得に着目しており、店舗外²⁾ および店舗内⁸⁾ での事例が報告されている。

2.2 店舗環境における情報提示手法

商業施設における情報提示手法は、印刷物などによるPOPから、デジタルサイネージを用いた情報配信や映像配信への発展が進んでいる。

様々なセンサを配置して環境内の状態を観測し、把握した状況に応じた情報提示を行なうAmbient Intelligenceの文脈でも、デジタルサイネージを用いた店舗内情報提示の研究が行なわれている。Meschtscherjakovら⁹⁾は、店舗の案内図の上に重ね合わせて店舗内の人々の動きを表示し、従来より地図上に表現されている商品の位置と、実世界で確認できる人の動きとを合わせて視認できるようにすることで、顧客が探している商品は実際に置かれている場所を、人の姿を手がかりに理解することを支援している。

Kandaら¹⁰⁾は、ショッピングモールにおける情報提示にコミュニケーションロボットを用いて、RF-IDにより識別された個人に対して音声対話によりモール内の案内や広告情報の提示を行なうことを提案している。尾川ら¹¹⁾は、店舗における情報提示のためにより直感的な気付きにつながるメディアとしてコミュニケーションロボットの効果を挙げており、マーケティング分野で提唱されているAIDMAモデルに基づいて、顧客がAIDMAのどの状態にあるのかを推定し、適切なタイミングで情報を提示する手法を提案している。また、本報告に先立ち³⁾では店舗内の環境において、店舗内の商品陳列棚上に配置された小型のコミュニケーションロボットが顧客の移動経路や既に手にしている商品、注目した商品に基づいて、商品の推薦を行なった実証実験について報告している。

3. ユビキタスマーケットプラットフォーム

ユビキタスマーケットプラットフォームは、ビジブル型のコミュニケーションロボットが実世界のショッピングモールに導入され、顧客に対してモール内の案内や商品や店舗の推薦を行なう状況を実現することを目指したプラットフォームである。

インタラクション技術の視点から、システムが提供する役割は大きく3つに分けて考えることができる。一つは実世界で生じるイベントを観測し理解する環境知能技術である。顧客に提示すべき情報の選択はレコメンデーション技術として研究されており、また、ヒューマンロボットインタラクションの観点からは、ロボットの情報提示により顧客の行動変容をうながす説得技術としても捉えられる。

本節では、まずユビキタスマーケットにおける情報提示デバイスであるコミュニケーションロボットの役割りについて説明し、その後、プラットフォームを構成する各種の顧客行動センシングシステムについて紹介する。

3.1 コミュニケーションロボットによる情報提示

レコメンデーション技術は、Eコマースの発展を支えた基盤技術である。オンライン店舗の成功要因の一つは、そのスケーラビリティにあると考えられる。すなわち、店舗が商品を提示し、顧客がその商品を見るための時間と場所の制約が無く、そのような状況下での商品の発見をレコメンデーション技術が実現している。レコメンデーション技術は、顧客が商品を見つけるのを手助けすると同時に、店舗が販売したい商品を顧客に伝えるためのエージェントとして機能している。

実世界の店舗におかれたロボットによるレコメンデーションにおいては、オンライン店舗とは異なり時間と空間の制約が生じる一方で、次のような特徴を持つ。まず、実体を持ったロボットは、顧客にとってのインタフェースエージェントとして認識されやすく、顧客からは有用な情報(案内や推薦だけでなく詳細な商品情報も含む)を提供することが期待される傾向がある。また、実体を持つロボットは、実世界に置かれた対象物を直接的に指示することが容易である。

現在、顧客に対して情報を提示するデバイスとして、デジタルサイネージ技術が発展し普及しているが、デジタルサイネージの画面内に提示される情報と、画面の外に存在する実体とを結びつけるのは人の解釈にゆだねられる。サイネージ上で有用な情報を提示することに加えて、ロボットが提示された情報に対応する実体を指し示すことにより、購買行動の支援に向けてより大きな効果が得られることが期待できる。

3.2 レーザ距離センサを用いた顧客の位置の推定

複数のレーザ距離センサ(LRF; Laser Range Finder)を測定対象とする空間内に配置することにより、対象空間中に存在する人の位置を検出し、その位置の時系列データから移動軌跡を追跡する技術が提案されている²⁾。また、このシステムを複合商業施設の店舗の前の広い通路の20m程度の領域に配し、環境中を移動する人の行動の特徴から環境の使われ方



図1 レーザ距離センサの設置状況 (a: 店舗外, b: 店舗内)
Fig. 1 Laser range finders installed (a) outside of the shop and (b) inside of the shop

に関する情報を構造化することで、人々の行動予測とロボットの行動決定に用いる技術が提案されている¹²⁾。これらの研究に用いた方式では、障害物の少ない20m四方程度の空間内に6台のLRFを配置することで、複数名の行動軌跡を誤差5cmの精度で37.5Hzの周期で取得することが可能である。

本報告の実験環境では店舗内と店舗外の両方の環境にセンサを設置した。図1の(a)は店舗外に設置したセンサの様子であり、(b)は店舗内に設置したセンサの様子である。

店舗外では顧客の廊下での移動軌跡を計測するため、UTM-30LXを7台設置した。

店舗外の廊下に設置したセンサは、店舗外の通路を通行する顧客の大域的な移動経路を取得するとともに、個々の店舗に向かう顧客の行動の特徴を取得しようとするものである。顧客の店舗外の廊下での移動から店舗内での購買の様子まで、一貫した移動軌跡を計測することにより、それぞれの顧客の店舗外の移動の様子から店舗内で足を止めた場所などの情報が蓄積され、顧客の興味や属性を時々刻々と絞り込むことができる。

今回は店舗外で計測できる顧客の属性として歩く速度に注目し、店舗に来店する直前5mの移動速度によって顧客が急いでいるのかどうかを推定し、店舗内のロボットに提供することとした。

一方、店舗内環境においては、店舗外の通路を対象とする場合とは異なり、商品を展示する棚のために死角が生じやすくなる。また、限られた通路を人々が通行するために、人による死角が生じるとともに、近距離ですれ違った人のIDを取り違えやすくなり、経路の連続性が損なわれるという問題が発生する。

前者の問題については、障害物を考慮して多数の小型センサを配置することで解決可能であり⁸⁾では、実際のコンビニエンスストア店舗において、店舗内の商品陳列棚で作られる



図2 視線検出のためのカメラの設置状況 (a) と検出状況の一例 (b)

Fig.2 Installation of cameras for gaze detection (a) and an example of detected gaze direction (b)

通路に沿って、合計 27 台の短距離型の LRF を配置することで、実際の顧客の移動経路の観測を行い、10 日間 (40 時間) の観測で 6901 ID の顧客の経路を追跡している。後者のすれ違いの問題に関しては、人同士のすれ違い時の行動モデルを構築することにより、人の追跡結果の連続性を向上させる手法が提案されている¹³⁾。

本報告の実験で用いた実験用店舗内では、棚の間の顧客の詳細な移動経路を取得するために、北陽電機製レーザーレンジファインダ UTM-30LX を 6 台、URG-04LX を 12 台設置した。UTM-30LX は観測周期が短く、高速に対象を追跡することができる。URG-04LX は観測周期が長いが小型軽量という利点がある。今回の店舗内では、顧客が速い速度で移動する場合に備えて、要所に高速な UTM-30LX を配置し、その他の領域は小型の URG-04LX を高い密度で配置し、棚で区切られた区間内での精度の良い追跡を行なった。

3.3 カメラを用いた顔向き方向および視線方向の推定

実験店舗内の互いに離れた 3 箇所に視線計測用の高解像度カメラを設置し、被験者の顔向きおよび視線方向を計測した。設置したカメラは 500 万画素 (2/3 インチ) のデジタルビデオカメラ (Pointgray 社製 GRAS-50S5M/C) であり、各エリアに同カメラ 2 台を設置し、一方を視線計測、他方を実験画像記録用に利用した (図 2 (a))。本カメラの水平画角は約 80 度であり、幅約 1m (商品棚 1 台分に相当)、奥行き 2 m のエリアを計測対象とすることができる。視線計測に用いた単眼視線計測システム¹⁴⁾ では、顔領域について 320 × 240 画素以上の解像度の動画像が得られれば、約 5 度の精度で視線計測が可能である。検出結果の一例を図 2 (b) に示す。

3.4 顧客単位の位置・顔向き、視線情報の対応付け

視線認識部より、カメラによって検出された顧客の顔の位置、顔の向き、視線の向きの情



図3 位置情報と視線方向情報を統合した顧客行動センシング結果

Fig.3 Integration of observed human position and gaze direction for sensing customer behavior.

報が得られる。この位置および方向の情報はカメラを基準とした局所座標系上で表現されている。一方、レーザーレンジファインダの検出結果は、店舗内の大域的座標系で表現されているため、座標の変換を行うことにより両者の計測を関連づける。しかし、計測にノイズが影響する場合等に、レーザーレンジファインダとカメラによる顧客の検出位置や検出人数が異なる場合がある。その際には、レーザーレンジファインダで計測された位置と最も近くに検出された顔情報を対応づける処理を行った。従来、カメラによって計測された位置は、カメラの奥行き方向の精度が比較的悪い問題があった。これに対して、レーザーレンジファインダで求めたより精度の高い計測位置を起点として、求められた顔向きおよび視線の方向を求めることにより、高い精度で注目方向を推定することができる。図 3 に、レーザーレンジファインダで計測された顧客の位置にカメラで計測した視線方向を合成し、注目する位置を求めた様子を示す。

3.5 RF-ID タグを用いた商品の取得状況の推定

顧客の位置計測結果および視線方向の推定結果を統合することで、顧客がどの棚に近づいたか、どの棚の近くで立ち止まったか、そしてどの商品に注目したかを計測することが可能となり、顧客が興味を示した商品を推定することが可能となる。

さらに、顧客が実際に商品を手取るという行動を計測することにより、強く興味を持った商品の計測を行う。各商品に RF-ID タグ (UHF 952MHz 帯) を取りつけ、商品棚に RF-ID

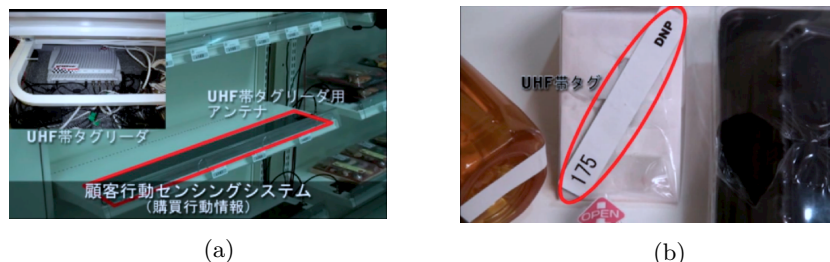


図 4 RF-ID リーダアンテナを設置した商品棚 (a) と RF-ID タグを取りつけた商品 (b)
Fig. 4 Item shelf equipped with RF-ID antennas(a) and items with RF-ID tags(b)

タグ用アンテナを設置することにより、顧客が商品を手取る行動を直接的に計測した。図 4 に RF-ID タグアンテナを取りつけた棚、および商品に取りつけた RF-ID タグの様子を示す。

RF-ID タグが読み取り可能な領域を棚の直上に限定することで、顧客が商品を手に取り、一定距離以上、一定時間以上棚から離すことにより、商品に取りつけたタグの ID が検出されなくなる。タグの ID が一定時間検出されなくなる現象が観測されたときに、その付近に存在した顧客が商品を取得したものと推定することとした。

4. 店舗内外の連携による顧客案内

店舗内での案内に先立って店舗外においてもロボットと接触する機会を設けることで、2 箇所のロボットが連携して顧客を案内することが可能となる。まずショッピングモールの通路などの店舗外でロボットに接触した際に顧客が店舗の案内を受けることにより、1) 顧客は店舗に到着するよりも前に店舗の情報を取得することができ、2) 店舗は店舗から離れた場所で店舗の存在を知らせることができ、3) また来店する可能性のある顧客の存在を事前に知ることができる。さらに、顧客が店舗やロボットと複数回の接触機会を持つことにより、4) 顧客が店舗やロボットに対して親しみを感じやすくなる効果が期待できる。

本節では、ビル内のコンビニエンスストアを想定した実験環境において、店舗内外でロボットと接触する機会のある買い物タスクを与えた 50 名 25 組の顧客により実施した被験者実験について述べる。以下、まず被験者に提示した実験タスクについて説明し、その後、店舗内外のロボットの連携事例として実現した店舗外のロボットの動作シナリオ、店舗外のセンサによる情報獲得、店舗内のロボットの動作シナリオについて説明する。最後に実

験後に行なったアンケートに基づいて、実装した要素が顧客に与えた影響の分析結果について述べる。

4.1 被験者に提示した実験タスク

50 名の被験者を 2 名ずつ 25 組の実験グループに分け、各人が 1 回ずつ実験に参加することとした。各組の中では、1 名が先行して入店し、その後に 1 分程度遅れてもう一名が入店することとし、それぞれに対して異なるタスクを提示した。

まず両名に対して同時に、実験の目的として、多数のロボットが人々の生活を支援する将来の状況を想定し、商業施設内でロボットの支援を受けて買い物を行なう際の問題を調査するとの説明を行ない、その後にそれぞれの被験者に対して個別にタスクを提示した。

先行する顧客は⁽³⁾の実験と同様に) 昼休みに自分が食べる昼食を購入するためにコンビニエンスストアに来店する状況を想定した上で、昼食に限ることなく買い物を行なうよう教示した。一方、後から来店する顧客に対しては、昼休み終わり頃に午後の会議に必要な「紫のボールペン」が無いことに気づき、施設内の店舗で調達する状況を想定して行動するよう教示した。これらの「買い物」では、実際に金銭を支払う必要はなく、店舗内のレジで商品を渡すことでタスクは終了すると伝えた。

なお、被験者には教示していないが、店舗内には被験者以外にも顧客を装った実験者を 2 名配置した。その目的は 3 つあり、1) 被験者が到着した時点ですでに顧客が存在する状況を作り出すこと、2) 適当な時点で退出することで被験者が退出できなくなることを防ぐこと、3) 先行する顧客に割り込んで案内を受ける顧客^{*1}としてふるまうことである。

4.2 店舗外での案内と情報獲得

店舗外のロボットによる案内

商業施設の店舗外の通路に置いたロボットの役割は、店舗外のロボットの会話の目的は、単に店舗を案内することだけでなく、顧客に対してロボットの存在を提示し、顧客の用件を聞き出し、聞いた用件を店舗内のロボットに伝えたということを顧客に理解させることにある。

以下のような典型的な対話パターンを想定してロボットの表現を準備し、遠隔操作にて顧

*1 本実験では、後から入店する被験者の行動により、先に入店している被験者に対する情報提示の途中に割り込みが生じることを期待して実験シナリオを構成した。しかしながら、被験者によって店舗外でのロボットとのインタラクションに要する時間の差が大きく、被験者間で割り込みが発生する頻度が当初の想定よりも低くなった。そのため、終盤の 10 回の実験セッションにおいては、顧客を装った実験者のうちの 1 名が、先の被験者が入店した 15 秒程度後に入場することで割り込みの機会を増やし、先行する被験者の反応を観察することとした。

客への情報提示を行なった。

ロボット いらっしゃいませ。

今日などのご用ですか？

顧客 お昼ごはんを買いにきました

ロボット お昼ごはんなら向こうにコンビニがあるよ。

中のロボットにも伝えておくれ。

顧客の反応は、提示したタスクにより「お昼ごはん」が「紫のボールペン」に変化し得る。また、顧客のタスクの認識により表現が「お弁当」になったり「ペン」になることも考えられる。そのため顧客が表現した来店目的を復唱できるような複数の表現を準備した。また、上記のシナリオから逸脱する反応を顧客が示した場合には、改めて問い直すこととした。

店舗外での顧客行動の獲得

店舗外での顧客行動は、店舗外のロボットとの対話内容と、LRFにより観測した移動経路からなる。

前者については、ロボットが提示した情報をデータベースに登録し、店舗内のロボットと共有することとした。すなわち、店舗外のロボットにより復唱による情報提示が行なわれた際に、ロボットの付近に停留していた顧客のIDと提示内容を結びつけることで来店が予測される顧客の来店目的を把握することが可能となる。

また、LRFにより計測した顧客の移動経路を用いて、店舗の入口付近での顧客の移動速度を測定し、顧客が急いでいるのか否かの判別を行なった。

4.3 店舗内のロボットによる案内

店舗内のロボットの役割は、顧客に対して商品の推薦や売場の案内を行ない、顧客の購買行動を支援することにある。店舗内のロボットの案内シナリオとして、以下の3通りを用意した。

- (1) 入店時の挨拶と商品案内
- (2) 急いでいる顧客への割り込み対応
- (3) 店内の停留箇所に応じた商品の推薦

以下、節を分けてそれぞれについて説明する。

入店時の挨拶と商品案内

まず、店舗外で獲得した顧客行動情報を用いて、入店した顧客に応じた挨拶を行なうこととした。特に、店舗外のロボットとの接触で得られた情報に基づいて行動していることを明示することで、本環境において店舗内外のロボットが一貫した案内を行なっていることを示

すこととした。音声コンテンツの例を以下に示す。

- いらっしゃいませ。外のロボットから聞いているよ。
お弁当やサンドイッチはこの棚にあるよ。
- いらっしゃいませ。外のロボットから聞いているよ。
探している商品は向こうの棚にあるよ。

コミュニケーションロボットによる音声と身振りでの情報提示と同期して、案内している商品や場所の情報をデジタルサイネージ上に表示した。また、上記の情報提示の終了後に顧客が引き続き棚の付近に停留している場合には、付近の棚に置かれた商品を案内するコンテンツを提示することとした。

急いでいる顧客への割り込み対応

店舗外の位置計測により急いで移動していると判定された顧客（「紫のボールペン」を購入するよう教示された後から入店する顧客に相当）に対しては、迅速な対応を行ないたい。店舗内のロボットが先に入店している顧客に対して説明中であるときに急いでいる顧客の到着が検出されたとき、店舗内のロボットは以下のようなコンテンツを提示して割り込み対応を行なうこととした。

- (先行した顧客に対して) ちょっと待ってね。急ぎのお客さんみたい。
- (後続の顧客に対して) いらっしゃいませ。外のロボットから聞いているよ。
探している商品は向こうの棚にあるよ。
- (先行した顧客に対して) おまたせ。

顧客となる被験者のタスクの達成に向けて、先行して入店する被験者にとっては、割り込みの有無により提示する情報が変化するわけではないが、後続の顧客は情報提示の機会を得られることになる。一方で、このような割り込みを行なうことは、先行する顧客にとって不快に感じられる可能性が生じるので、割り込みが与える印象の変化に注目して評価を行なう。

店内の停留箇所に応じた商品の推薦

店舗内を移動する顧客が、入店時に挨拶を行なうロボットの以外の前に停留した際には、それまでに停留した棚の履歴に応じて、商品の棚を推薦することとした。店舗内を14箇所領域に区分し³⁾の実験で取得した顧客動線における停留箇所の相関から抽出した推薦のルールを用いた。

推薦ルールに基づいて作成した、以下のような案内コンテンツを音声と身振りで提示し、それと同期して対象となる商品の情報をデジタルサイネージにも提示することとした。

- (ラーメンの棚の前で)「お弁当」も見てたよね.
- それなら「お茶」もよく一緒に買われていてお勧めだよ.
- あっちの棚にあるから見て行ってね.

4.4 実験結果と考察

50名25組の被験者に対して、店舗内外のロボットの連携による顧客案内を行ない、店舗内での購買行動を記録するとともに、アンケートを実施した。アンケート項目は、ネットワークロボットによる案内の実用化に向けて、印象調査と問題点の抽出を目指したものであり、ロボットに期待する役割、計測機器の印象、行動情報測定の可否、店舗外のロボットの印象、店舗内のロボットの印象など、選択式で47問と自由記述3問で構成した。本報告では、店舗内ロボットが与えた印象に関する以下の7項目に注目した。

- 設問1** 親しみがわきましたか: わかない(1)... わいた(5)
設問2 信頼できましたか: 信頼できない(1)... 信頼できた(5)
設問3 声は聞きとりやすかったですか: 聞き取りにくい(1)... 聞きとりやすい(5)
設問4 声の大きさはどうでしたか: 小さすぎる(1)... 大きすぎる(5)
設問5 話す速度はどうですか: 遅すぎる(1)... 速すぎる(5)
設問6 反応やタイミングは: 遅すぎる(1)... 速すぎる(5)
設問7 お勧めされた内容は: 適切でなかった(1)... 適切だった(5)

まず、2009年度に実施した店舗内での商品推薦実験³⁾でのアンケート結果と比較することで、本シナリオの特徴である、店舗外と店舗内でのロボットとの複数回の接触の影響について述べる。また、急いでいる顧客に対応するための割り込み事例について、割り込みの状況と、割り込まれた顧客が受けた印象について述べる。

複数回の接触の影響

店舗内のロボットが単独で商品推薦を行なった事例と、店舗内外で連携して商品推薦を行なった事例での、

ロボットが信頼できるという印象(設問2)はどちらの条件でも高かった(平均値: 店舗内のみ3.75, 店舗内外連携3.94)が、親しみがわくという印象(設問1)が向上(平均値: 店舗内のみ2.10, 店舗内外連携3.66)している。

提示した音声の特徴としては、声の大きさ(設問4)は適当であり(平均値: 店舗内のみ2.79, 店舗内外連携3.12)話す速度(設問5)が少し遅い(平均値: 店舗内のみ2.68, 店舗内外連携2.72)という印象で共通しているが、その一方で声の聞きとりやすさの印象(設問3)が向上(平均値: 店舗内のみ1.82, 店舗内外連携4.10)している。

サンプル数の少ない主観評価に基づくものであり厳密な議論ではないが、店舗外で接触機会を持ち、そこでの会話を引き継ぐ形で情報を提示したシナリオ構成にしたことで、店舗内のロボットが案内する内容が予測できるために聞きとりやすく感じられ、結果として親しみがわくという印象につながっているのだとすれば、複数回の接触をもつことがロボットによる情報提示に良い影響をもたらすことが期待できる。

割り込みによる案内

店舗外で取得できる顧客行動の特徴として顧客が急いでいるか否かという情報を利用し、店舗内で提示途中の説明を中断して急いでいる顧客に対応するシナリオを想定した。

25組の実験セッションのうち割り込みが生じた件数は9件であり、そのうちの5件では割り込みによる案内が終了するまで先の被験者が同じ場所に留まっており、終了後に継続して同じロボットからの情報提示を受けた。残りの4件では割り込んだ案内の途中で先の被験者がその場を離れることとなった。

サンプル数が限られているが、これらの2群の間でアンケート結果を比較したところ、割り込みを受けて離れた群において印象が悪化することはなく、むしろ向上している傾向が見られた。すなわち離脱の要因は割り込みが悪い印象を与えたことによるのではないといえよう。提示内容についての満足度が向上しているため、すでに被験者がロボットの情報提供が十分であると感じている状況が作られており、割り込みを契機として離脱したとの解釈も可能と考える。

5. おわりに

本報告では、商業施設などの店舗環境において、ネットワークロボットによる顧客への情報提供を可能にするユビキタスマーケットプラットフォームの概要を説明し、ロボットによる情報提供のシナリオ事例として、商業施設の通路などで店舗の案内を行なうロボットと店舗内で商品や売場の案内を行なうロボットが連携する顧客誘導について行なった実証実験について報告した。

店舗外でのロボットとの接触や店舗外での移動経路の観測を行なうことで、店舗内のロボットは、顧客の入店直後に目的とする商品の案内を行なうことや、顧客が急いでいるか否かに応じて案内の順序を制御することが可能とした。実証実験からは、店舗内だけでロボットが商品の案内をする場合と比べ、店舗外と店舗内でロボットと複数の接触機会を持つシナリオが実現された場合、顧客がロボットに対して感じる親しみやすさなどの印象が向上するとともに、顧客がタスクを意識することでロボットによる情報提示の効果が向上する可能性

が確認できた。

実際の店舗において人間が実行している販売手法と比較して、本報告の範囲で実現したロボットによる情報提示は限られたものであるが、ネットワークセンサ環境を前提としたネットワークロボット技術により、獲得できる情報や情報を提示する場を広げることが可能となると考えられる。

本報告は、店舗内外のロボットと複数回の接触を持つ顧客案内シナリオの実現に向けて、そのプラットフォームの構成と顧客に与える印象の分析に留まっているが、今後、実験シナリオ中で提示したレコメンデーション手法について、その効果についての解析を進める予定である。

謝辞 本研究の一部は総務省の委託により実施したものである。

参 考 文 献

- 1) Sanfeliu, N., Hagita, N. and Saffiotti, A.: Network robot systems, *Robotics and Autonomous Systems*, Vol.56, No.10, pp.793–787 (2008).
- 2) Glas, D.F., Miyashita, T., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Laser-Based Tracking of Human Position and Orientation Using Parametric Shape Modeling, *Advanced Robotics*, Vol.23, No.4, pp.405–428 (2009).
- 3) Kamei, K., Shinozawa, K., Ikeda, T., Utsumi, A., Miyashita, T. and Hagita, N.: Recommendation from robots in a real-world retail shop, *International Conference on Multimodal Interfaces and the Workshop on Machine Learning for Multimodal Interaction*, ICMI-MLMI '10, New York, NY, USA, ACM, pp.19:1–19:8 (2010).
- 4) Underhill, P.: *Why We Buy: The Science of Shopping – Updated and Revised for the Internet, the Global Consumer, and Beyond*, Simon & Schuster (2008).
- 5) 立岡恵介, 吉田 哲, 宗本順三: 店舗内の購買行動のベイジアンネットワーク分析, 日本建築学会計画系論文集, Vol.73, No.634, pp.2633–2638 (2008).
- 6) 今村直生, 荻野晃大, 加藤俊一: ユビキタスインタフェースを用いた消費者の行動パターンの理解, 日本感性工学会論文誌, Vol.8, No.3, pp.741–747 (2009).
- 7) 井上智雄, 瓶子和幸: グループに適応する公共空間向け広告システム GAS, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1962–1972 (2009).
- 8) 亀井剛次, 篠沢一彦, 池田徹志, 宮下敬宏, 萩田紀博: 店舗内環境における顧客グループ属性の抽出, 平成 22 年度情報処理学会関西支部支部大会, pp.C-08:1–4 (2010).
- 9) Meschtscherjakov, A., Reitberger, W., Lankes, M. and Tscheligi, M.: Enhanced shopping: a dynamic map in a retail store, *UbiComp '08: Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing*, ACM, pp.336–339 (2008).
- 10) Kanda, T., Shiomi, M., Miyashita, Z., Ishiguro, H. and Hagita, N.: A Communi-

cation Robot in a Shopping Mall, *IEEE Transactions on Robotics*, Vol.26, No.5, pp.897–913 (2010).

- 11) 尾川健一, 荻野晃大, 加藤俊一: 商品価値の気付きにつながる店舗内情報提示の試み, 日本感性工学会論文誌, Vol.8, No.3, pp.877–883 (2009).
- 12) Kanda, T., Glas, D.F., Shiomi, M., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Who will be the customer?: A social robot that anticipates people's behavior from their trajectories, *Proceeding of the 10th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2008)*, pp.380–389 (2008).
- 13) Castro-González, A., Shiomi, M., Kanda, T., Salichs, M. A., Ishiguro, H. and Hagita, N.: Position prediction in crossing behaviors, *Proceeding of the 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2010)*, pp.5430–5437 (2010).
- 14) Yamazoe, H., Utsumi, A., Yonezawa, T. and Abe, S.: Remote gaze estimation with a single camera based on facial-feature tracking without special calibration actions, *Proceeding of Eye Tracking Research and Applications Symposium (ETRA2008)*, pp.245–250 (2008).